

**УДК 681.518.54**

**Л.М. ЗАМІХОВСЬКИЙ**, докт. техн. наук, професор

**Р.Б. СКРИПЮК**, аспірант, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ

## **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ НЕПАРАМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВАЛКОВОГО МЛИНА AG-MPS 180BK**

Розглянуто методичний підхід до діагностування технічного стану робочих органів млина AG-MPS 180BK з використанням методу непараметричної ідентифікації. Показано, що зміна потужності спектру перехідного процесу млина на частоті 12 Гц і 25 Гц може бути використана за діагностичні ознаки зміни його стану.

Рассмотрен методический подход к диагностированию технического состояния рабочих органов мельницы AG-MPS 180BK с использованием метода непараметрической идентификации. Показано, что изменение мощности спектра переходного процесса мельницы на частоте 12 Гц и 25 Гц может быть использовано в качестве диагностических признаков изменения его состояния.

Вертикальний валковий млин фірми PFEIFFER AG-MPS 180BK є основним вузлом технологічного процесу приготування пилевугільної суміші, що є заміником природного газу в технологічному процесі випалювання клінкеру. Від технічного стану робочих органів валкового млина (помольних валків та бігової доріжки помольної чаші) залежить як надійність його роботи, так і ефективність процесу помолу вугілля та якість вихідного продукту, яка складає 65% собівартості цементу. На жаль сьогодні відсутні методи, які дозволяють оцінити фактичний технічний стан робочих органів млина і проводити наплавку їх зношених частин за потребою. Існуючий метод вимірювання величини зношення робочих органів вимагає технологічної зупинки млина і, як було показано в [1], є недосконалим, оскільки отримані результати не відповідають реальним.

У зв'язку з цим метою статті є спроба використати основні положення теорії ідентифікації систем для обґрунтування можливості розробки на їх основі методу діагностування робочих органів млина в процесі його експлуатації.

Теорія ідентифікації систем є сьогодні достатньо розвинутою, але ще не цілком організованою областю знань. Значна різноманітність методів та засобів ідентифікації призводить робить застосування цього напрямку науки швидше за все мистецтвом, ніж використанням строгої методики. Тому розв'язок тих, чи інших завдань ідентифікації майже ніколи не має однозначного результату: як правило, задачу можна розв'язати і іншим шляхом з дещо іншими результатами. Здається не є винятком і спосіб, запропонований нижче.

Розрізняють два основних типи моделей реальних систем – статичні та динамічні. Статичні моделі мають, як правило, великий набір входів та виходів і використовують

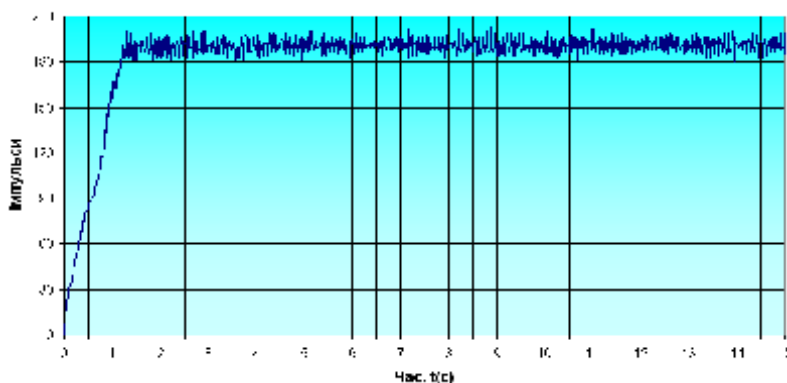
для ідентифікації зв'язків між ними методи множинної регресії. Такі моделі зачасто використовуються у статистиці та економіці. Динамічні моделі також можуть мати багато входів і виходів, але основна увага приділяється в них визначенню перехідних процесів, що відбуваються у часі [2]. Ці моделі знаходять застосування при побудові складних систем управління. Для діагностування стану технічних об'єктів підходять обидва типи моделей. Наприклад, статична модель вертикального млина запропонована у [3].

Відмітимо, що виконання множинної регресії для статичних моделей типу «вхід – вихід» вимагає значної кількості початкової інформації, отримання якої оптимальним шляхом вимагає вирішення задачі планування експерименту. В результаті практичне отримання такої інформації характеризується значними матеріальними витратами і часом. З цієї точки зору, більш ефективними є динамічні моделі, для яких кількість входів та виходів, як правило, невелика. Тому експериментальні дані можуть бути отримані відносно швидко і з невеликими затратами.

Метою досліджень, проведених на ВАТ «Івано-Франківськцемент» для отримання даних ідентифікації, було експериментальне зняття перехідних характеристик млина та вимірювання величини зношування його робочих органів за стандартною методикою [1] відповідно до затвердженої програми експериментальних досліджень.

Враховуючи конструктивні особливості млина AG-MPS 180BK та його контролепридатність для зняття перехідної (розгінної) характеристики млина було систему на базі енкодера фірми Autonics, контролера CPU 313C-2DP фірми Siemens та спеціально розробленого програмного забезпечення для обробки даних.

Енкодер встановлювався на видиму основу помольної чаші млина. Для кращого контакту енкодера з основою чаші використали гумовий фланець із довжиною кола 200 мм. Довжина кола основи помольної чаші в точці проведення вимірювань складає 3400 мм. Керуючись технічними характеристиками було вибрано енкодер з дискретизацією у 800 імпульсів (точок) на оберт – E40S-1024-3-T-24. Таким чином, величина одного імпульсу (точки) складає 0,25мм. Сигнал з енкодера потрапляє на швидкісний лічильник, вмонтований в контролер CPU 313C-2DP. Лічильник сумує всі отримані імпульси, а програма, яка написана в середовищі Simatic Step 7, з періодичністю 20 мсек. ( $f=10\text{кГц}$ ) зчитує дані з лічильника та формує базу даних. Типовий вигляд розгінної характеристики млин приведено на рис. 1. По осі ординат відкладена кутова швидкість вертикального валу, визначена у кількості імпульсів. Встановлений режим характеристики дає швидкість порядку 190 імпульсів, що відповідає кутовій швидкості 38 об/хв. По осі абсцис відкладено час, визначений у секундах. Як можна бачити, перехідний процес завершується за 1.2 с. Далі на протязі більш ніж 10 с зафіксований встановлений процес, який і використовується для ідентифікації.



З графіка видно, що експериментальна характеристика має значні збурення, обумовлені випадковим характером зміни моменту опору двигуна, що виникає підчас помолу. Крім того, ділянка характеристики, що представляє процес виходу на режим значно відрізняється від звичайної форми, яка повинна бути сумою ек-

Рис.1 – Перехідна (розгінна) характеристика млина AG-MPS 180BK спонент. Це пояснюється тим, що привідний

двигун млина має значну потужність (250 кВт), у зв'язку з чим не може бути миттєво включений на номінальну напругу.

Для плавного виводу на режим двигунів такої потужності застосовуються спеціальні пускові пристрої, які здійснюють повільне зростання струму. Таким чином, графік (рис.1), строго не є розгінною характеристикою, оскільки остання повинна представляти собою реакцію двигуна на ступінчате збудження. Саме тому для ідентифікації обрана ділянка встановленого режиму, яка може бути представлена випадковим процесом. У цьому випадку ідентифікацію можна здійснити за допомогою апарату аналізу часових рядів, наприклад шляхом застосування спектрального аналізу [5].

У спектральному аналізі розрізняють дві групи методів [6]: непараметричні і параметричні. У непараметричних методах для розрахунку спектру використовується лише інформація, зосереджена у відліках сигналу, без будь-яких додаткових припущень. Більш сучасні параметричні методи засновані на застосуванні деякої математичної моделі випадкового процесу. Спочатку вирішується задача оптимізації, тобто знаходження таких значень параметрів моделі, які забезпечують найкраще наближення виходу моделі до реального сигналу. На другому етапі виконується спектральне перетворення сигналу моделі.

Перевагами параметричних методів є більш точні оцінки спектрів потужності, а також більш високий ступень розрізнення спектрів. Параметричні методи застосовні при наявності білого шуму. При цьому бажаний нормальний розподіл шуму. До того ж сигнал має бути стаціонарним. Ці умови рідко виконуються одночасно. Тому використання параметричних методів зазвичай вимагає попередньої фільтрації сигналу. Спроба застосувати параметричні методи без фільтрації у нашому випадку не привела до успіху із-за значного розкиду параметрів для різних реалізацій, яка обумовлена, швидше за все, занадто низьким рівнем відношення сигнал/шум. Фільтрацію же достатньо складно здійснити, оскільки вона не повинна змінювати власних параметрів сигналу, зменшуючи лише шумові компоненти.

Непараметричні методи не мають переваг параметричних, але значно простіші у реалізації. Тому була зроблена спроба застосувати і ці методи, яка виявила цікаві особливості спектру. Низький рівень відношення сигнал/шум при цьому не мав значення, оскільки «завади» можуть розглядатися як корисний сигнал, що несе інформацію про стан об'єкту. Нехай одна з реалізацій центрованого випадкового аналогового сигналу  $x(t)$  має тривалість, обмежену кінцевим інтервалом часу  $[-T/2; T/2]$ . Спектральна щільність середньої потужності цієї реалізації  $W(\omega)$  складає

$$W(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{\left| \int_{-T/2}^{T/2} x(t) e^{-j\omega t} dt \right|^2}{T}, \quad (1)$$

де  $\int_{-T/2}^{T/2} x(t) e^{-j\omega t} dt$  - спектральна щільність реалізації, що знайдена шляхом прямого перетворення Фур'є.

У загальному випадку спектральну щільність (1) необхідно осереднити за множиною реалізацій. Але для ергодичних процесів можна здійснити це осереднення за часом використовуючи лише одну реалізацію. Можна показати, що при цьому

$$D_x = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(\omega) d\omega, \quad (2)$$

де  $D_x$  – дисперсія процесу  $x(t)$ .

Вираз (2) показує, що функція  $W(\omega)$  є потужністю, що припадає на одиницю частоти, оскільки  $D_x$  є середньою потужністю реалізації.

При вивченні спектральних характеристик дискретних сигналів, використовуючи той же підхід, отримаємо

$$W(\omega) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2n+1} \overline{\left| \sum_{k=-n}^n x(k) \exp(-j\omega kT) \right|^2}, \quad (3)$$

Риска зверху у виразі (3) означає осереднення за ансамблем реалізацій. Для ергодичних процесів маємо

$$W(\omega) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} R_x(k) \exp(-j\omega kT), \quad (4)$$

де  $R_x(k)$  – кореляційна функція реалізації.

Співвідношення (4) відомо як дискретний аналог теореми Вінера – Хінчина.

Параметричні методи зазвичай використовують обчислення кореляційної функції. Непараметричні – засновані на осередненні формули (3). Зокрема періодограма є оцінкою спектральної щільності, отриманої за  $N$  відліками реалізації випадкового процесу згідно з (3) шляхом осереднення кінцевого числа доданків:

$$\hat{W}(\omega) = \frac{1}{Nf_A} \left| \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \exp(-j\omega kT) \right|^2 \quad (5)$$

Періодограма (5) не є змістовною оцінкою спектральної щільності. Тому доцільно здійснити подальше осереднення шляхом введення, наприклад, вагової функції (вікна) з коефіцієнтами  $w(k)$ . При цьому одержимо:

$$\hat{W}(\omega) = \frac{1}{f_A} \frac{\left| \sum_{k=0}^{N-1} x(k) w(k) \exp(-j\omega kT) \right|^2}{\sum_{k=0}^{N-1} |w(k)|^2} \quad (6)$$

Отримана оцінка (6) називається модифікованою періодограмою.

Уелч (Welch) запропонував поділити  $N$  відліків початкового сигналу на декілька сегментів, що перекриваються, з метою збільшити їх число і, відповідно, зменшити дисперсію оцінки при осередненні результатів за окремими сегментами. Алгоритм, що отримав назву метода осереднення модифікованих періодограм, містить наступні кроки:

- сигнал розбивається на сегменти, що перекриваються;
- кожен сегмент сигналу помножується на вагову функцію (вводиться вікно);
- для зважених сегментів обчислюються модифіковані періодограми;
- періодограми осереднюються.

За допомогою функції PSD MatLab 6.5, яка реалізує метод Уелча, були визначені спектри потужності. Використовувалось вікно Хемінга, довжина якого вибрана так, що з урахуванням перекриття 50 % сигнал розділяється на 8 фрагментів.

Вихідні дані представляли собою 20 перехідних характеристик млина, отриманих на протязі трох місяців проведення експериментів, тобто в середньому перехідні характеристики знімали через кожних 4-5 днів. При цьому було два рази проведено

вимірювання величини зношування робочих органів млина. У кожній з характеристик використовувався лише усталений процес («хвіст» характеристики).

Спектр, що відповідає перехідній характеристиці (рис.1), приведено на рис. 2.

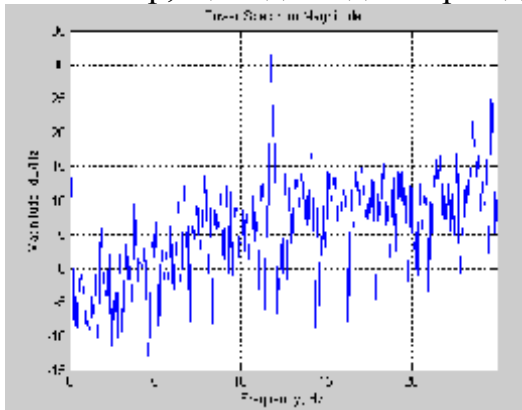
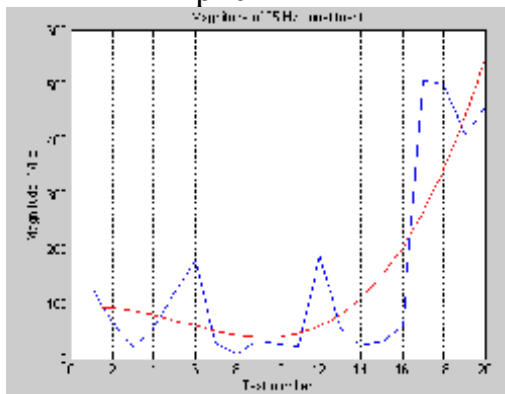
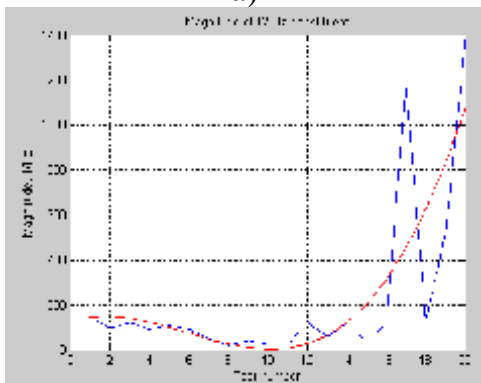


Рис. 2 – Спектр перехідної характеристики



а)



б)

Рис. 3 - Графіки зміни амплітуди спектральних складових на частоті а) -12 Гц і б) -25 Гц від періоду на-працювання млина

Як видно з рисунку, амплітуди спектральних складових на частоті 12 Гц і 25 Гц дорівнюють 32 дБ/Гц і 27 дБ/Гц і суттєво виділяються на загальному фоні. Були визначені амплітуди цих складових по всіх отриманих 20 спектрах. Графіки зміни амплітуд вказаних гармонік від періоду зняття перехідних характеристик (час напруцювання млина) показані на рис. 3. При цьому логарифмічний масштаб замінений на звичайний.

Як видно з графіків, значне збільшення амплітуди спектру на частоті 12 Гц і 25 Гц обумовлене швидким зношенням робочих органів млина. Після зняття останньої перехідної характеристики млина він був зупинений і проведена направка робочих органів – помольних валків і бігових доріжок помольної чаші.

Висновки. Проведені дослідження показали, що застосовуючи непераметричний метод ідентифікації до перехідної характеристики млина шляхом визначення потужності спектру її «хвоста» методом Уелча, за діагностичні ознаки технічного стану робочих органів млина можуть бути використані амплітуди спектру на частоті 12 Гц і 25 Гц, зміна яких відповідає зміні стану млина – величині зношування його робочих органів. Для розробки методу діагностування технічного стану млина з використання вказаної ознаки необхідно провести комплекс цілеспрямованих експериментальних досліджень з метою встановлення відповідності зміни амплітуди спектру на частоті 12 Гц і 25 Гц величині зміни структурного параметру млина – величини зношування його робочих органів в кількісному виразі.

**Список літератури:** 1. Заміховський Л.М., Скрипюк Р.Б. Дослідження зношення робочих органів вертикального валкового млина MPS 180 ВК// Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини 2008. №72 С. 34-39. 2. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ./ Под ред. Я.З. Цыпкина, - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 432 с. 3. Скрипюк Р.Б. Вибір діагностичних ознак стану вертикального валкового млина // Наукові вісті інституту менеджменту і економіки «Галицька академія». – Івано-Франківськ. – 2005. – Вип.2(8). - С.128-132. 4. Отес Р., Єноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. Основные методы. – М.: Мир, 1982 – 482 с. 5. Марал-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ

**УДК 637.52:681.542.4:664.4**

**Т.М. ГОЛОВКО**, аспірант, ХДУХТ, (Харків)

**Г.І. ДЮКАРЕВА**, канд. техн. наук., доцент, ХДУХТ, (Харків)

**М.Л. СЕРІК**, канд. техн. наук, старший викладач, ХДУХТ, (Харків)

## **ВПЛИВ НАПІВФАБРИКАТУ КІСТКОВОГО ХАРЧОВОГО ТА ЕЛАМІНУ НА ВОЛОГОУТРИМУЮЧІ ТА АДГЕЗІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАШТЕТІВ**

В статье приведены результаты исследований влагоудерживающей способности и адгезионных характеристик печеночных и мясных паштетов, изготовленных с использованием полуфабриката костного пищевого и эламина.

Ключевые слова: паштеты, полуфабрикат костный пищевой, эламин, биоорганические соединения кальция и йода, влагоудерживающая способность, адгезия.

The results of researches of water retaining ability and adhesion descriptions of the liver and meats pates made with the use of intermediate product bone food and elamin are resulted in the article.

Keywords: pates, half-finished food bone product, elamin, bioorganic compounds of calcium and iodine, Water retaining ability, adhesion.

### **Вступ**

Актуальною проблемою сьогодення є створення продуктів харчування з підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Одними з найбільш дефіцитних нутрієнтів у харчуванні сучасної людини є повноцінні білки, ненасичені жири, вітаміни, деякі мінеральні речовини тощо [1, 2].

Недостатнє надходження мікронутрієнтів з їжею – загальна проблема сучасного людства. Вона виникла, з результату зниження інтенсивності фізичного навантаження на організм, як наслідок цього зниження енерговитрат і відповідного зменшення загальної кількості їжі, яку споживає людина. На фоні такого дефіциту виникають порушення метаболізму і так звані хвороби метаболічного походження. Такі захворювання виникають у разі дефіциту незамінних амінокислот, полі ненасичених жирних кислот і мінеральних речовин. Стосовно дефіциту мінералів частіше за все причиною тяжких захворювань виступають залізо, йод, кальцій, селен та інші. Найбільш доцільним і ефективним, а також і економічно доступним шляхом кардинального покращення забезпеченості населення мікронутрієнтами є регулярне залучення до раціону харчування продуктів харчування оздоровчої дії [1, 2].

**Постанова проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями.**

Україна традиційно ендемічний регіон відносно дефіциту йоду. Як наслідок цього у структурі патології метаболічного походження значний відсоток припадає на такі тяжкі хвороби, як ендемічний зоб, низькорослість, глухонімота, порушення розумової